

Literatur *Review* Integrasi *Artificial Intelligence* dalam Pembelajaran Sains di Pendidikan Menengah

Nissa Ul Awal^{1*}, Nurmalahayati Nurdin²

^{1,2}Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Indonesia

*email: nssulawl@gmail.com

Info Artikel

Dikirim: 21 November 2025

Diterima: 5 Januari 2026

Diterbitkan: 31 Mei 2026

Kata kunci:

Artificial Intelligence;

Era Digital;

Pembelajaran Sains;

Pendidikan Menengah;

Systematic Literature Review;

ABSTRAK

Kemajuan teknologi digital yang pesat telah membuka peluang pemanfaatan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dalam pembelajaran, khususnya pembelajaran sains yang memerlukan pemahaman konsep yang kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perkembangan penelitian serta implementasi AI dalam pembelajaran sains pada jenjang pendidikan menengah (SMP dan SMA/ sederajat). Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR) dengan pendekatan PRISMA terhadap 41 artikel ilmiah yang diterbitkan pada rentang tahun 2020–2025. Hasil kajian menunjukkan adanya peningkatan signifikan jumlah publikasi penelitian terkait AI dalam pembelajaran sains, dengan bidang fisika sebagai yang paling dominan, diikuti oleh sains umum, kimia, dan biologi. Jenis AI yang paling banyak diteliti meliputi chatbot edukatif, simulasi dan video interaktif, analitik pembelajaran berbasis AI, sistem pembelajaran adaptif, serta teknologi realitas virtual dan realitas tertambah (VR/AR). Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan AI berdampak positif terhadap hasil belajar siswa, motivasi belajar, personalisasi pembelajaran, serta efektivitas asesmen. Namun demikian, kajian ini juga mengidentifikasi beberapa tantangan utama, antara lain keterbatasan infrastruktur, rendahnya literasi digital pendidik, serta isu etika dan perlindungan data. Penelitian ini memberikan gambaran arah perkembangan riset serta implikasi bagi kebijakan pendidikan dan penelitian selanjutnya terkait integrasi AI dalam pembelajaran sains di pendidikan menengah.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi, penerapan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dalam dunia pendidikan mengalami peningkatan yang signifikan, khususnya dalam konteks pembelajaran sains yang mencakup kimia, fisika, biologi, serta sains umum. Inovasi ini menghadirkan pendekatan pengajaran yang lebih interaktif dan adaptif, memungkinkan terciptanya pengalaman belajar yang lebih personal, efektif, dan relevan bagi peserta didik di jenjang pendidikan menengah (SMP dan SMA/ sederajat). Salah satu bentuk pemanfaatan AI yang telah banyak diterapkan adalah melalui platform pembelajaran digital, yang mampu menganalisis performa siswa secara otomatis dan memberikan umpan balik yang dipersonalisasi, sehingga berkontribusi dalam peningkatan pemahaman terhadap konsep-konsep sains [1], [2]. Kemajuan teknologi dan integrasi AI dalam pendidikan juga sejalan dengan berbagai teori pembelajaran yang menekankan pentingnya teknologi sebagai fasilitator dalam meningkatkan efektivitas proses belajar-mengajar. Teknologi memungkinkan terjadinya interaksi yang lebih intensif antara peserta didik dan pendidik, serta mendorong

kolaborasi yang lebih aktif dalam lingkungan belajar [3], [4]. Beberapa studi menunjukkan bahwa platform pembelajaran yang dikembangkan secara efektif dapat mendorong kemandirian belajar siswa, serta membantu mereka mengorganisasi materi dengan lebih baik [5]. Dalam konteks ini, peran AI menjadi sangat relevan untuk mendukung guru dalam merancang pengalaman belajar yang disesuaikan dengan kebutuhan individual siswa [6].

Pendidikan sains jenjang pendidikan menengah (SMP dan SMA/ sederajat) merupakan landasan penting dalam membentuk kemampuan berpikir ilmiah serta mempersiapkan siswa untuk menghadapi tantangan kompleks di era digital. Oleh karena itu, integrasi kecerdasan buatan dalam pembelajaran sains tidak hanya menghadirkan kemajuan teknologi, tetapi juga membuka peluang pedagogis baru yang inovatif dan efisien. AI dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu pembelajaran yang mampu mempersonalisasi materi ajar, mendeteksi kesulitan belajar secara dini, dan menyediakan umpan balik secara real-time, sehingga meningkatkan efektivitas proses pembelajaran [7], [8]. Fitur personalisasi yang ditawarkan oleh AI memungkinkan penyusunan materi dan strategi pembelajaran berdasarkan profil dan kebutuhan masing-masing siswa. Hal ini memberi peluang bagi siswa untuk belajar dengan gaya dan kecepatan yang paling sesuai dengan mereka [8], [9]. Penelitian oleh [10] juga menunjukkan bahwa AI memiliki kemampuan dalam memprediksi kinerja siswa serta memberikan umpan balik otomatis, yang sangat membantu dalam proses evaluasi dan perbaikan pembelajaran. Dengan demikian, penerapan AI dalam pembelajaran sains tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi seperti kimia, fisika, biologi, serta sains umum tetapi juga mendorong pengembangan keterampilan esensial abad ke-21, seperti berpikir kritis, kolaborasi, dan pemecahan masalah [11].

Meskipun minat dalam penelitian mengenai penerapan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dalam pendidikan terus meningkat, banyak studi yang masih bersifat individual dan terfragmentasi, khususnya dalam konteks pendidikan sains di jenjang pendidikan menengah (SMP dan SMA/ sederajat). Analisis terhadap literatur yang ada menunjukkan bahwa kebanyakan penelitian masih berfokus pada satu cabang ilmu sains tertentu atau membahas AI dalam konteks yang lebih umum, tanpa memberikan gambaran yang komprehensif mengenai tren, hasil, serta celah penelitian yang ada di bidang ini [12], [13], [14]. Selain itu, perbedaan temuan antar penelitian baik yang menekankan efektivitas AI maupun yang menyoroti tantangan implementasi belum banyak dianalisis secara kritis dalam satu kajian terpadu. Perkembangan kecerdasan buatan (AI) dalam pendidikan menunjukkan tren yang terus meningkat. Berbagai penelitian membuktikan bahwa AI mampu membantu guru dan siswa melalui fitur seperti pembelajaran adaptif, laboratorium virtual, dan chatbot tutor yang memberi umpan balik cepat [15]. Namun sebagian besar kajian internasional masih berfokus pada pendidikan tinggi, bukan pada jenjang menengah (SMP dan SMA/ sederajat) Misalnya, tinjauan sistematis "*Artificial intelligence in science and chemistry education: a systematic review*" menemukan bahwa penelitian terbanyak dilakukan di universitas, sementara bukti untuk sekolah menengah masih terbatas [16].

Di Indonesia, beberapa studi telah menelaah penggunaan AI pada jenjang sekolah menengah, namun kajian tersebut umumnya masih bersifat umum dan belum memetakan tren pembelajaran sains berdasarkan sub-bidang, seperti kimia, fisika, biologi, atau sains terpadu. Sebagai contoh, penelitian "*Penggunaan Media Berbasis Artificial Intelligence (AI) untuk Menunjang Proses Pembelajaran pada Tingkat Sekolah Menengah Atas: A Literature Review*" membahas media AI secara luas tanpa analisis spesifik pada cabang-cabang sains tertentu [17]. Kondisi ini menunjukkan belum adanya kajian sistematis yang secara khusus mengintegrasikan jenjang pendidikan menengah, pembelajaran sains, serta klasifikasi jenis teknologi AI yang digunakan. Berdasarkan uraian tersebut, terdapat kesenjangan penelitian yang jelas, yaitu kurangnya kajian *Systematic Literature Review* yang secara spesifik membahas penerapan kecerdasan buatan dalam pembelajaran sains pada jenjang pendidikan menengah (SMP dan SMA/ sederajat) dengan pengelompokan berdasarkan sub-bidang sains dan jenis aplikasi AI. Penegasan gap ini penting untuk memberikan gambaran yang lebih terstruktur mengenai arah dan perkembangan riset di bidang tersebut. Studi ini dilakukan dengan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mengidentifikasi, mengklasifikasikan, dan menganalisis secara menyeluruh literatur ilmiah yang berkaitan dengan penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam pembelajaran sains di jenjang pendidikan menengah (SMP dan SMA/ sederajat). Studi ini untuk menyusun peta riset terkini, mengevaluasi pendekatan-pendekatan yang telah digunakan, serta mengungkap peluang penelitian lanjutan yang belum

banyak dieksplorasi. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan kebijakan, praktik pembelajaran, serta arah penelitian masa depan di bidang teknologi pendidikan berbasis AI.

Rumusan masalah dalam kajian ini mencakup: (1) bagaimana tren penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam pembelajaran sains di jenjang pendidikan menengah (SMP dan SMA/ sederajat) selama lima tahun terakhir, dan (2) apa saja jenis aplikasi AI yang telah diterapkan dalam pembelajaran sains di era digital. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tren penggunaan AI, mengkaji jenis aplikasi yang digunakan, serta menganalisis strategi penerapan, peluang, dan tantangan yang muncul dalam pembelajaran sains berbasis AI.

Kajian ini diharapkan memberikan manfaat dalam tiga aspek utama. Secara akademis, penelitian ini berkontribusi terhadap pengayaan literatur ilmiah mengenai penerapan kecerdasan buatan dalam pembelajaran sains di jenjang pendidikan menengah melalui pendekatan SLR berbasis PRISMA. Secara praktis, hasil kajian ini dapat menjadi rujukan bagi guru, siswa, dan pengembang media pembelajaran dalam mengoptimalkan pemanfaatan AI. Dari sisi kebijakan, penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi perumusan strategi dan regulasi yang mendukung integrasi AI di sekolah menengah guna memperkuat transformasi pendidikan di era digital.

2. METODE PENELITIAN

Studi ini dilakukan dalam pendekatan kualitatif dengan metode *Systematic Literature Review* (SLR) yang dilaksanakan sesuai dengan panduan PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). PRISMA merupakan standar yang telah mapan dan direkomendasikan secara luas untuk melaporkan tinjauan sistematis dan meta analisis guna meningkatkan kualitas, transparansi, dan reproduibilitas hasil penelitian [18], [19]. PRISMA berfungsi sebagai kerangka sistematis dan menyeluruh dalam melacak perkembangan kajian pada bidang tertentu, dengan tujuan utama untuk memastikan akurasi dan keandalan dalam proses sintesis literatur [20].

SLR melibatkan tahapan-tahapan terstruktur yang mencakup pengumpulan, penilaian, dan penyajian hasil penelitian terdahulu secara kritis. Metode ini mendukung penyusunan strategi pencarian literatur yang terarah dan sistematis sehingga memungkinkan peneliti merangkum serta menganalisis informasi secara lebih efektif [21], [22]. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penggunaan panduan PRISMA dapat meningkatkan kualitas metodologis kajian literatur karena menyediakan prosedur yang jelas dalam pelaporan proses penelitian [19], [23]. Teknik PRISMA mencakup empat tahapan utama, yaitu: identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan inklusi, dengan penjelasan sebagai berikut.

1. Identifikasi

Tahap identifikasi dilakukan dengan menelusuri artikel ilmiah melalui beberapa basis data dan sumber publikasi, meliputi Google Scholar, Garuda, DOAJ, Scopus, serta situs resmi penerbit jurnal seperti Springer, Elsevier, dan ACS Publications. Strategi pencarian literatur dirancang menggunakan kombinasi kata kunci dan operator Boolean (*AND*, *OR*) untuk meningkatkan cakupan dan relevansi hasil pencarian. Kata kunci yang digunakan antara lain: *Artificial Intelligence*, *AI in Science Education*, *AI in Chemistry*, *AI in Physics*, dan *AI in Biology*. Kombinasi kata kunci disesuaikan dengan karakteristik masing-masing basis data. Batasan pencarian diterapkan pada rentang tahun publikasi 2020-2025, jenis dokumen berupa artikel jurnal, serta bahasa publikasi Indonesia dan Inggris. Dari proses pencarian awal ini diperoleh sebanyak 141 artikel.

2. Penyaringan

Tahap penyaringan dilakukan dengan menyeleksi artikel berdasarkan judul dan abstrak untuk memastikan kesesuaian dengan fokus penelitian. Kriteria inklusi meliputi kesesuaian topik dengan penerapan kecerdasan buatan dalam pembelajaran sains serta keterkaitan dengan konteks pendidikan. Artikel yang dipilih harus tersedia dalam format full-text (PDF) agar memungkinkan analisis mendalam. Hasil dari tahap penyaringan ini menghasilkan 112 artikel yang memenuhi kriteria awal dan dinilai relevan dengan tujuan penelitian.

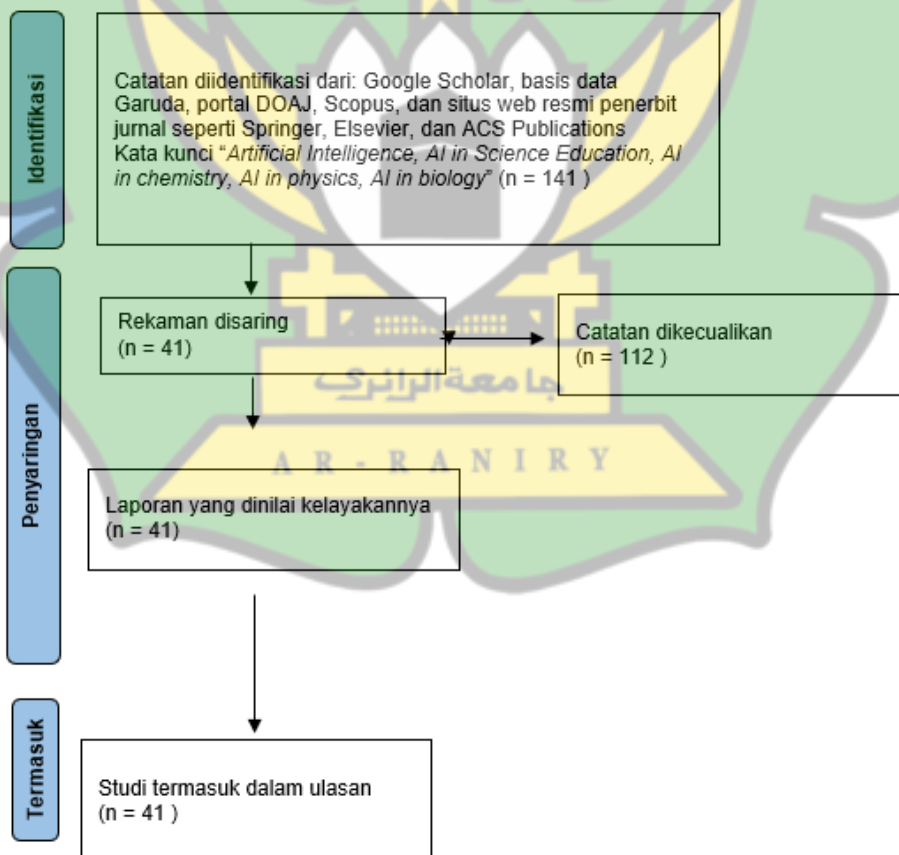
3. Kelayakan

Tahap kelayakan dilakukan melalui penelaahan isi artikel secara menyeluruh (full-text review) untuk memastikan kesesuaian dengan rumusan masalah penelitian. Artikel dievaluasi berdasarkan fokus kajian, konteks pembelajaran sains (kimia, fisika, biologi, dan sains umum), serta relevansi terhadap jenjang pendidikan menengah. Dari tahap ini, diperoleh 41 artikel yang dinyatakan layak untuk dianalisis lebih lanjut.

4. Inklusi dan Sintesis Data

Tahap inklusi dan sintesis mencakup proses analisis mendalam terhadap 41 artikel terpilih yang membahas pengaruh dan penerapan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) dalam pembelajaran sains. Analisis data dilakukan menggunakan analisis tematik (thematic analysis) melalui beberapa tahapan, yaitu: (1) open coding, untuk mengidentifikasi konsep awal terkait jenis AI, sub-bidang sains, dan tujuan pembelajaran. (2) axial coding, untuk mengelompokkan kode ke dalam kategori tematik seperti pembelajaran adaptif, asesmen otomatis, laboratorium virtual, dan chatbot edukatif. (3) selective coding, untuk merumuskan tema utama yang merepresentasikan tren dan fokus penelitian.

Dalam proses sintesis, digunakan dua pendekatan utama, yaitu kategorisasi tematik untuk mengelompokkan temuan berdasarkan tema tertentu serta tabel perbandingan yang menyajikan hasil temuan antar artikel secara sistematis guna memudahkan analisis komparatif [24]. Untuk menjamin validitas dan reliabilitas kajian SLR, penelitian ini menerapkan beberapa strategi, antara lain: (1) penggunaan panduan PRISMA untuk memastikan transparansi dan konsistensi proses seleksi studi. (2) penetapan kriteria inklusi dan eksklusi secara jelas sebelum proses penyaringan untuk meminimalkan bias. (3) analisis tematik yang dilakukan secara sistematis dengan membandingkan temuan antar artikel dari berbagai konteks dan sub-bidang sains. Langkah-langkah tersebut diharapkan dapat meningkatkan keandalan hasil sintesis literatur serta memperkuat kualitas metodologis penelitian. Untuk mengilustrasi proses pemilihan artikel dapat diamati pada diagram alir PRISMA Gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Diagram proses pencarian istilah dan pemilihan publikasi (Flowchart PRISMA)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

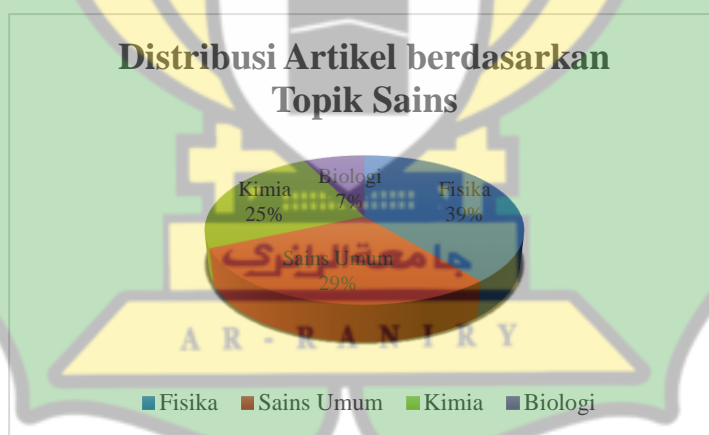
Pada bagian ini disajikan hasil penelitian yang diperoleh secara terstruktur berdasarkan temuan dari *Systematic Literature Review* (SLR). Studi ini bertujuan untuk mengkaji secara sistematis literatur terkait penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) dalam pembelajaran sains di jenjang pendidikan menengah (SMP dan SMA/ sederajat). Berdasarkan hasil telaah terhadap 41 artikel ilmiah yang memenuhi kriteria inklusi, ditemukan bahwa penerapan AI dalam pembelajaran sains menunjukkan tren peningkatan yang signifikan dalam lima tahun terakhir.

Data tersebut dirangkum dalam Lampiran A, yang memuat informasi mengenai tahun publikasi, nama jurnal, topik sains, dan jenis AI yang digunakan. Lampiran A menyajikan gambaran kronologis perkembangan implementasi AI dalam pembelajaran sains, sekaligus menunjukkan keragaman teknologi AI yang digunakan pada berbagai bidang sains. Penyajian data dalam tabel ini berfungsi sebagai dasar analisis tematik dan sintesis sistematis dalam kajian SLR ini.

Berdasarkan klasifikasi topik, artikel yang dikaji mencakup empat bidang utama, yaitu fisika, kimia, biologi, dan sains umum. Distribusi artikel berdasarkan topik sains disajikan pada Tabel 1 dan divisualisasikan pada Gambar 2. Hasil menunjukkan bahwa artikel terbanyak membahas penerapan AI dalam pembelajaran fisika (16 artikel), diikuti oleh sains umum (12 artikel), kimia (10 artikel), dan biologi (3 artikel). Temuan ini menunjukkan adanya ketimpangan distribusi penelitian antar sub-bidang sains dalam konteks pembelajaran berbasis AI.

Tabel 1. Distribusi artikel berdasarkan topik sains

Topik Sains	Jumlah Artikel
Fisika	16
Sains Umum	12
Kimia	10
Biologi	3



Gambar 2. Distribusi artikel berdasarkan topik sains

Dominasi penelitian pada bidang fisika menunjukkan bahwa penerapan AI lebih banyak dikembangkan pada materi yang bersifat kuantitatif dan visual, seperti gerak, gelombang, energi, dan gaya. Konsep-konsep tersebut relatif mudah direpresentasikan melalui simulasi berbasis AI, *Augmented Reality* (AR), dan *Virtual Reality* (VR), sehingga memudahkan siswa dalam memahami fenomena abstrak secara konkret. Temuan ini sejalan dengan teori *dual coding* dari Paivio (1986) yang menekankan bahwa pembelajaran menjadi lebih efektif ketika informasi disajikan secara verbal dan visual secara simultan.

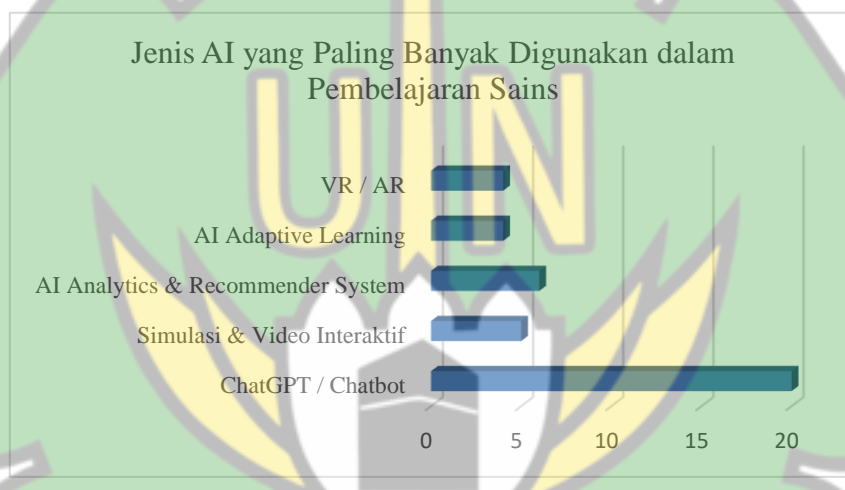
Sebaliknya, jumlah penelitian yang relatif rendah pada bidang biologi mengindikasikan adanya celah riset yang signifikan. Padahal, biologi memiliki potensi besar untuk dikembangkan melalui teknologi AI, khususnya pada

topik sistem organ, ekosistem, genetika, dan proses metabolisme yang dapat divisualisasikan secara dinamis. Hal ini menunjukkan peluang penelitian lanjutan dalam pengembangan media pembelajaran biologi berbasis AI, khususnya AR/VR dan *machine learning* untuk analisis data biologis.

Distribusi jenis AI yang digunakan dalam pembelajaran sains disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 3. Berdasarkan hasil analisis, teknologi AI yang paling banyak digunakan adalah ChatGPT dan chatbot edukatif, yang muncul pada 20 dari 41 artikel. Selain itu, jenis AI lain yang ditemukan meliputi AI *analytics* dan *recommender system* (6 artikel), simulasi dan video interaktif (5 artikel), AI *adaptive learning* (4 artikel), serta VR/AR (4 artikel).

Tabel 2. Jenis AI yang paling banyak digunakan dalam pembelajaran sains

Jenis AI	Jumlah Artikel
ChatGPT / Chatbot	20
Simulasi & Video Interaktif	5
AI Analytics & Recommender System	6
AI Adaptive Learning	4
VR / AR	4



Gambar 3. Jenis AI yang paling banyak digunakan dalam pembelajaran sains

Tingginya penggunaan ChatGPT dan chatbot edukatif menunjukkan bahwa teknologi berbasis large language models (LLMs) dianggap paling mudah diakses dan fleksibel untuk diterapkan dalam konteks pembelajaran sains di sekolah menengah. Penelitian oleh [25] menunjukkan bahwa penggunaan ChatGPT sebagai mitra diskusi mampu meningkatkan pemahaman konsep kimia siswa sebesar 16,2%, yang mengindikasikan potensi AI sebagai asisten belajar interaktif.

Ditinjau dari kualitas metodologis, sebagian besar studi yang direview menggunakan pendekatan eksperimen atau kuasi-eksperimen dengan durasi intervensi yang relatif singkat. Selain itu, beberapa artikel tidak menjelaskan secara rinci desain pembelajaran berbasis AI maupun validitas instrumen evaluasi yang digunakan. Kondisi ini membatasi kemampuan untuk membandingkan efektivitas AI antar studi secara langsung dan menurunkan tingkat generalisasi temuan. Selain itu, hanya sebagian kecil studi yang mengevaluasi dampak jangka panjang penggunaan AI dalam pembelajaran sains, sehingga efektivitas berkelanjutan dari teknologi AI masih belum banyak dikaji secara mendalam.

Pemanfaatan AI dalam pembelajaran sains memberikan sejumlah manfaat yang signifikan. Pertama, AI berkontribusi terhadap peningkatan hasil belajar siswa, sebagaimana ditunjukkan oleh peningkatan skor post-test pada berbagai penelitian. Ramadiani et al. melaporkan bahwa penggunaan teknologi AI dapat meningkatkan kreativitas dan kemampuan pemecahan masalah peserta didik, yang berimplikasi pada

peningkatan penguasaan materi [26]. Selain itu, media pembelajaran berbasis AI juga mampu meningkatkan motivasi belajar melalui penyajian materi yang lebih interaktif dan menarik [27].

Kedua, AI memungkinkan terjadinya personalisasi pembelajaran dengan menyesuaikan materi dan kecepatan belajar sesuai kebutuhan individu siswa. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Nurhayati et al. yang menegaskan bahwa integrasi AI dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih adaptif dan efektif [28]. Selain itu, AI juga mendukung asesmen otomatis dan umpan balik instan, sehingga membantu guru dalam proses evaluasi pembelajaran [29].

Meskipun memiliki potensi besar, implementasi AI dalam pembelajaran sains masih menghadapi berbagai tantangan, antara lain keterbatasan infrastruktur teknologi, khususnya di sekolah non-perkotaan, rendahnya literasi AI di kalangan guru, serta kekhawatiran terhadap aspek etika dan privasi data siswa. Selain itu, ketergantungan berlebihan pada AI berpotensi menghambat pengembangan kemandirian belajar jika tidak diimbangi dengan strategi pedagogis yang tepat.

Beberapa studi [11], [12] menekankan pentingnya pelatihan guru dan penyusunan kebijakan pendidikan yang mendukung pemanfaatan AI secara berkelanjutan dan bertanggung jawab. Oleh karena itu, temuan dalam kajian ini memperkuat perlunya pendekatan sistematis dalam integrasi AI ke dalam pembelajaran sains di jenjang pendidikan menengah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan telaah terhadap 41 artikel ilmiah, dapat disimpulkan bahwa penerapan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dalam pembelajaran sains pada jenjang pendidikan menengah (SMP dan SMA/ sederajat) menunjukkan tren peningkatan yang konsisten dalam lima tahun terakhir. Penggunaan AI paling dominan ditemukan dalam bidang fisika, diikuti oleh sains umum, kimia, dan biologi. Teknologi AI yang paling banyak digunakan meliputi ChatGPT dan AI chatbot, disusul oleh simulasi dan video interaktif, *AI analytics* dan *recommender system*, *AI adaptive learning*, serta teknologi VR/AR.

Temuan utama menunjukkan bahwa integrasi AI berkontribusi signifikan terhadap peningkatan hasil belajar, motivasi, keterlibatan siswa, serta efisiensi proses asesmen melalui umpan balik yang lebih cepat dan personal. Selain kontribusi tersebut, hasil *systematic review* ini menegaskan peran AI sebagai alat pendukung pedagogis yang memperkuat pembelajaran berbasis data dan diferensiasi belajar di kelas sains. Namun demikian, studi ini juga mengidentifikasi sejumlah keterbatasan dalam implementasi AI, antara lain keterbatasan infrastruktur teknologi di sekolah, rendahnya literasi AI di kalangan guru, potensi bias algoritmik, serta isu etika dan privasi data siswa. Keterbatasan lain dari studi ini adalah dominasi penelitian yang bersifat deskriptif dan masih minimnya evaluasi empiris jangka panjang terkait efektivitas AI dalam pembelajaran sains.

Berdasarkan temuan tersebut, penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk mengkaji efektivitas AI melalui desain eksperimen atau *mixed-method*, memperluas fokus pada bidang biologi yang masih terbatas, serta mengintegrasikan analisis kualitas studi dalam SLR. Selain itu, diperlukan penguatan kebijakan dan pelatihan guru agar pemanfaatan AI dapat berjalan secara etis, inklusif, dan berkelanjutan. Secara keseluruhan, studi ini berkontribusi dalam memberikan gambaran komprehensif mengenai tren, jenis, serta peran AI dalam pembelajaran sains di pendidikan menengah, sekaligus menjadi dasar pengembangan riset dan praktik pembelajaran sains berbasis AI di masa depan.

REFERENSI

- [1] A. A. Putri, "The Effectiveness of Khan Academy as a Science Learning Support to Improve Student's Mastery of Skills : Literature Review," *Journal of Environmental and Science Education*, vol. 1, no. 2, pp. 52–56, Sep. 2021, doi: 10.15294/jese.v1i2.50370.

- [2] K. Mangaroska and M. Giannakos, "Learning Analytics for Learning Design: A Systematic Literature Review of Analytics-Driven Design to Enhance Learning," *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 12, no. 4, pp. 516–534, Oct. 2019, doi: 10.1109/TLT.2018.2868673.
- [3] M. Akour and M. Alenezi, "Higher Education Future in the Era of Digital Transformation," *Educ Sci (Basel)*, vol. 12, no. 11, p. 784, Nov. 2022, doi: 10.3390/educsci12110784.
- [4] M. Bower, "Technology-mediated learning theory," *British Journal of Educational Technology*, vol. 50, no. 3, pp. 1035–1048, May 2019, doi: 10.1111/bjet.12771.
- [5] M. L. Cacheiro-Gonzalez, A. Medina-Rivilla, M. C. Dominguez-Garrido, And M. Medina-Dominguez, "The Learning Platform in Distance Higher Education: Student's Perceptions," *Turkish Online Journal of Distance Education*, vol. 20, no. 1, pp. 71–95, Jan. 2019, doi: 10.17718/tojde.522387.
- [6] N. Songkram *et al.*, "Success Factors to Promote Digital Learning Platforms: An Empirical Study From an Instructor's Perspective," *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, vol. 18, no. 09, pp. 32–48, May 2023, doi: 10.3991/ijet.v18i09.38375.
- [7] A. Akavova, Z. Temirkhanova, and Z. Lorsanova, "Adaptive learning and artificial intelligence in the educational space," *E3S Web of Conferences*, vol. 451, p. 06011, Nov. 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202345106011.
- [8] F. Almasri, "Exploring the Impact of Artificial Intelligence in Teaching and Learning of Science: A Systematic Review of Empirical Research," *Res Sci Educ*, vol. 54, no. 5, pp. 977–997, Oct. 2024, doi: 10.1007/s11165-024-10176-3.
- [9] L. Chen, P. Chen, and Z. Lin, "Artificial Intelligence in Education: A Review," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 75264–75278, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2988510.
- [10] W. Trisnawati, R. E. Putra, and L. Balti, "The Impact of Artificial Intelligent in Education toward 21st Century Skills: A Literature Review," *PPSDP International Journal of Education*, vol. 2, no. 2, pp. 501–513, Nov. 2023, doi: 10.59175/pijed.v2i2.152.
- [11] Chima Abimbola Eden, Olabisi Oluwakemi Adeleye, and Idowu Sulaimon Adeniyi, "A review of AI-driven pedagogical strategies for equitable access to science education," *Magna Scientia Advanced Research and Reviews*, vol. 10, no. 2, pp. 044–054, Mar. 2024, doi: 10.30574/msarr.2024.10.2.0043.
- [12] A. Deroncele-Acosta, O. Bellido-Valdiviezo, M. de los Á. Sánchez-Trujillo, M. L. Palacios-Núñez, H. Rueda-Garcés, and J. G. Brito-Garcías, "Ten Essential Pillars in Artificial Intelligence for University Science Education: A Scoping Review," *Sage Open*, vol. 14, no. 3, Jul. 2024, doi: 10.1177/21582440241272016.
- [13] F. Mahligawati, E. Allanas, M. H. Butarbutar, and N. A. N. Nordin, "Artificial intelligence in Physics Education: a comprehensive literature review," *J Phys Conf Ser*, vol. 2596, no. 1, p. 012080, Sep. 2023, doi: 10.1088/1742-6596/2596/1/012080.
- [14] B. K. Nagaraj, K. A. S. B. R. A. S. H. K. Sachdev, and S. K. N., "The Emerging Role of Artificial Intelligence in STEM Higher Education: A Critical Review," *International Research Journal of Multidisciplinary Technovation*, pp. 1–19, Aug. 2023, doi: 10.54392/irjmt2351.
- [15] D. M. Heeg and L. Avraamidou, "The use of Artificial intelligence in school science: a systematic literature review," *EMI Educ Media Int*, vol. 60, no. 2, pp. 125–150, Apr. 2023, doi: 10.1080/09523987.2023.2264990.
- [16] A. K. Erümit and R. Ö. Sarıalioğlu, "Artificial intelligence in science and chemistry education: a systematic review," *Discover Education*, vol. 4, no. 1, p. 178, Jun. 2025, doi: 10.1007/s44217-025-00622-3.
- [17] A. Eka Meiliawati and T. Wawan Sugiarto, "Penggunaan Media Berbasis Artificial Intelligence (Ai) Untuk Menunjang Proses Pembelajaran Pada Tingkat Sekolah Menengah Atas: A Literature Review", doi: 10.56842.
- [18] K. A. Sewell, J. Schellinger, and J. E. Bloss, "Effect of PRISMA 2009 on reporting quality in systematic reviews and meta-analyses in high-impact dental medicine journals between 1993–2018," *PLoS One*, vol. 18, no. 12, p. e0295864, Dec. 2023, doi: 10.1371/journal.pone.0295864.
- [19] M. Yuan, J. Wu, R. E. Austin, S. O. P. Hofer, F. Lista, and J. Ahmad, "Evaluating Breast Reconstruction Reviews Using A Measurement Tool to Assess Systematic Reviews (AMSTAR),"

- Plast Reconstr Surg Glob Open*, vol. 9, no. 11, p. e3897, Nov. 2021, doi: 10.1097/GOX.0000000000003897.
- [20] N. S. Dewi and D. Dasari, “Systematic Literature Review: Kemampuan Pembuktian Matematis,” *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 7, no. 1, pp. 240–254, Jan. 2023, doi: 10.31004/cendekia.v7i1.1987.
- [21] S. Arya, A. H. Kaji, and M. A. Boermeester, “PRISMA Reporting Guidelines for Meta-analyses and Systematic Reviews,” *JAMA Surg*, vol. 156, no. 8, p. 789, Aug. 2021, doi: 10.1001/jamasurg.2021.0546.
- [22] M. Yuan, J. Wu, R. E. Austin, F. Lista, and J. Ahmad, “Evaluating the Quality of Systematic Reviews and Meta-Analyses About Breast Augmentation Using AMSTAR,” *Aesthet Surg J Open Forum*, vol. 3, no. 3, Sep. 2021, doi: 10.1093/asjof/ojab020.
- [23] M. N. Khairuddin and M. N. A. Mohamed, “A Systematic Literature Review on Graduates’ Social Intelligence,” *Journal of Techno-Social*, vol. 15, no. 1, Jun. 2023, doi: 10.30880/jts.2023.15.01.006.
- [24] H. Sastypratiwi and R. D. Nyoto, “Analisis Data Artikel Sistem Pakar Menggunakan Metode Systematic Review,” *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, vol. 6, no. 2, p. 250, Aug. 2020, doi: 10.26418/jp.v6i2.40914.
- [25] A. Iyamuremye and K. Ndiokubwayo, “Exploring Secondary School Students’ Interest and Mastery of Atomic Structure and Chemical Bonding through ChatGPT,” *Educational Journal of Artificial Intelligence and Machine Learning*, vol. 1, no. 1, pp. 1–13, Apr. 2024, doi: 10.58197/prbl/9hk37296.
- [26] Y. Ramadiani, R. Agusmelda, and S. Betania, “Peran Teknologi AI Terhadap Kreatifitas Mahasiswa dalam Menyelesaikan Tugas Akhir,” *Jurnal ORTOPELAGOGIA*, vol. 9, no. 2, p. 126, Nov. 2023, doi: 10.17977/um031v9i22023p126-130.
- [27] S. Nurmawati, H. Kurniawati, I. Winarni, and B. Prasetyo, “Pemanfaatan Multimedia Untuk Pembelajaran Sains Pada Siswa Taman Kanak-Kanak Alqur’an (Tkq) Darul Ulum Jabon Mekar, Parung, Bogor,” *INTEGRITAS: Jurnal Pengabdian*, vol. 5, no. 2, p. 257, Nov. 2021, doi: 10.36841/integritas.v5i2.1060.
- [28] R. Nurhayati, T. Nur, S. P. N. Adillah, Agustina, and M. Urva, “Dinamika Pembelajaran Pendidikan Agama Islam Berbasis Artificial Intelligence (AI),” *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIM Sinjai*, vol. 3, pp. 1–7, Oct. 2024, doi: 10.47435/sentikjar.v3i0.3131.
- [29] S. Purnamasari and S. Nurawaliyah, “Profil sikap terhadap sains mahasiswa calon guru dalam pembelajaran etnosains,” *Jurnal Kajian Pendidikan IPA*, vol. 1, no. 1, pp. 47–52, Mar. 2021, doi: 10.52434/jkpi.v1i1.1060.